

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-147289

(43)Date of publication of application : 26.05.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

G02B 6/12

(21)Application number : 10-323260

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22)Date of filing : 13.11.1998

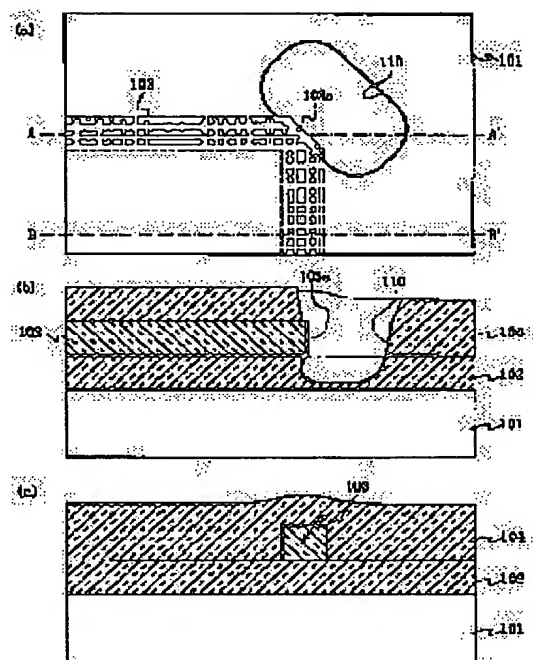
(72)Inventor : WADA YOSHIKI  
SUGITANI SUEHIRO

## (54) OPTICAL WAVEGUIDE AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily constitute an optical waveguide capable of reducing its propagation loss.

SOLUTION: The optical waveguide is provided with a recessed part 110 formed from an upper clad layer 104 up to a part of a lower clad layer 102 and a bent end face 103a to be the outside end face of a bend position of a core 103 is exposed. A material not to be easily etched as compared with the lower clad layer 102 and the upper clad layer 104 under a prescribed etching condition is used for a material constituting the core 103.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.08.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-147289

(P 2000-147289 A)

(43) 公開日 平成12年5月26日 (2000. 5. 26)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

キーワード (参考)

G 0 2 B 6/122  
6/12

G 0 2 B 6/12

A 2H047  
N

審査請求 未請求 請求項の数 6

O L

(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-323260

(22) 出願日 平成10年11月13日 (1998. 11. 13)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 和田 嘉記

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 杉谷 末広

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

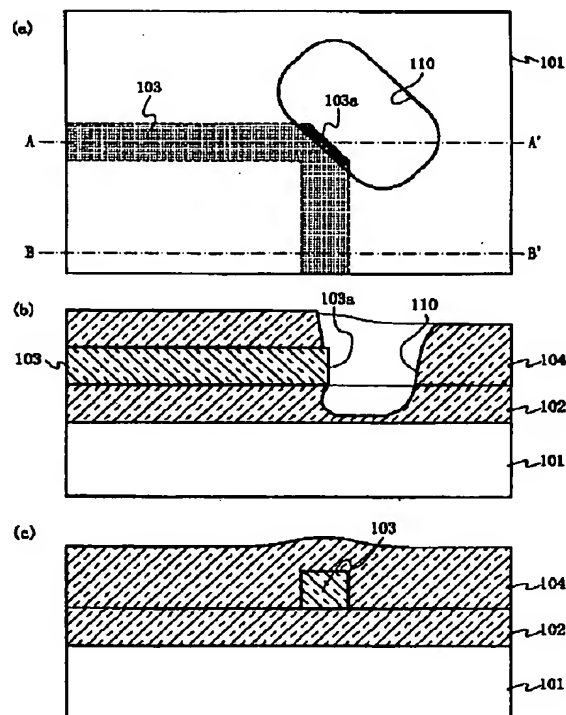
F ターム (参考) 2H047 KA04 KA12 PA02 PA21 PA24  
PA28 QA05 QA07 TA35 TA43

(54) 【発明の名称】 光導波路およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 伝搬損失が低減された光導波路構成を容易に構成できるようにする。

【解決手段】 上部クラッド層 104 から下部クラッド層 102 の一部に達する凹部 110 を備え、そのコア 103 の屈曲箇所においてはその外側端面である屈曲端面 103a が露出された状態とする。また、そのコア 103 を構成する材料に、所定のエッチング条件において下部クラッド層 102 および上部クラッド層 104 よりエッチングされ難い材料を用いる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された下部クラッド層と、この下部クラッド層上に形成された光信号が伝搬されるコアと、

前記下部クラッド層上に前記コアを覆うように形成された上部クラッド層と、

前記コアが折れ曲がる屈曲箇所の外側に前記屈曲箇所の外側端面が露出するように前記上部クラッド層に形成された凹部とを備え、

前記コアは、

前記下部クラッド層および前記上部クラッド層より屈折率が高く、かつ、所定のエッチング条件において前記下部クラッド層および前記上部クラッド層よりエッチングされにくい材料から構成されたことを特徴とする光導波路。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光導波路において、前記凹部は前記下部クラッド層の一部に連続して形成されたことを特徴とする光導波路。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 記載の光導波路において、

前記下部クラッド層および前記上部クラッド層はポリイミドから構成され、

前記コアはベンゾシクロブテンから構成され、

前記ポリイミドは、前記ベンゾシクロブテンに比較して酸素ガスのプラズマによるドライエッチングでエッチングされやすい材料であることを特徴とする光導波路。

【請求項 4】 基板上に下部クラッド層を形成する工程と、

その下部クラッド層上にこの下部クラッド層より高い屈折率の材料からなり光信号が伝搬されるコアを形成する工程と、

前記下部クラッド層上に前記コアを覆うように前記コアより屈折率の低い材料からなる上部クラッド層を形成する工程と、

前記上部クラッド層を選択的に除去することで、前記コアが折れ曲がる屈曲箇所の外側に前記屈曲箇所の外側端面が露出するように前記上部クラッド層に凹部を形成する工程とを備えたことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 5】 請求項 3 記載の光導波路の製造方法において、

前記凹部の形成では、前記上部クラッド層と前記下部クラッド層とを選択的に除去することで、凹部を前記下部クラッド層の一部に連続して形成することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 6】 請求項 4 または 5 記載の光導波路において、

前記下部クラッド層および前記上部クラッド層はポリイミドから構成し、

前記コアはベンゾシクロブテンから構成し、

前記ポリイミドは、前記ベンゾシクロブテンに比較して酸素ガスのプラズマによるドライエッチングでエッチングされやすいものとし、

前記凹部の形成は、前記凹部形成領域が開口したマスクパターンを用いた酸素ガスのプラズマによるドライエッチングで行うことを特徴とする光導波路の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光デバイスや電子デバイスが作成された基板上に光導波路が任意の形状で配線された光・電子集積回路に用いる光導波路およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】たとえば光通信の分野において、高速動作・高感度化、小型化、および、組立工数の低減という利点のため、光素子と電子素子を集積化した光・電子集積回路が用いられるようになってきている。この光・電子集積回路において用いられている従来の 3 次元光導波路は、たとえば、図 5 に示すように、光信号が直進伝搬される光導波路 501 と、光信号が途中で伝搬方向を変えられる光導波路 502 とが集積されている。なお、

(a) は平面図、(b) は (a) の AA' 線の断面、

(c) は (a) の BB' 線の断面を示している。

【0003】これら光導波路 501、502 は、図 5

(b)、(c) に示すように、電子素子が集積させている基板 511 上に、酸化シリコンからなる下部クラッド 512 が形成され、その上に、窒化シリコンからなり光信号の伝搬路となるコア 513 が所定の配線形状に形成されている。また、そのコア 513 を覆うように上部クラッド 514 が形成され、その上部クラッド 514 の側面および上面を覆うようにアルミニウムなどからなる金属膜 515 が形成されている。

【0004】このように、クラッドの周りをアルミニウムなどの金属膜で覆うようにしておくことで、光が伝搬する際の光導波路の界面での輻射などによる伝搬損失を減少させることができる。また、光導波路 502 の屈曲箇所では、金属膜 515 と上部クラッド 514 とが一体となっているので、面 502a がそのまま反射面となる。このため、曲率を大きくすることなく、光信号の伝搬方向を任意に曲げることができる（文献：T. Tamba, et al. 1995 Int. Conf. Solid-St. Devices and Materials, p. 830-832. 岩田、光学、25 巻、126 頁-131 頁 (1996).）。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、光・電子集積回路で用いられる複雑な系の光導波路には、小型高性能であること、すなわちまず、導波路内での通過損失が低く、また、複数の導波路間での漏洩によるクロストークが低いことが必要となる。そして同時に、製造技術の単純化も要求される。特に、光・電子集積回路では光導波路が交差する配置が要求され、少なくとも 2 層以上の

光導波路が基板上に必要なため、複数層の光導波路を容易に製造する技術が要求される。

【0006】ここで、前述した従来技術では、系が比較的単純な場合には、小型化についてはある程度満たされている。また、アルミニウムなどの金属膜による反射面でクラッド（導波路）が囲まれているので、クロストークは押さえられている。また、ある程度は導波路内での通過損失を抑制できている。しかし、従来の技術では、アルミニウムなどにより反射面を構成しているため、その加工精度や加工荒さに由来する光の伝搬モードの変化が起きやすく、このための損失が大きくなるという問題があった。また、複雑な形状を有する構造を実現するのが困難であった。

【0007】この発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、伝搬損失が低減された光導波路構成を容易に構成できるようにすることを目的とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】この発明の光導波路は、基板上に形成された下部クラッド層と、この下部クラッド層上に形成された光信号が伝搬されるコアと、下部クラッド層上にそのコアを覆うように形成された上部クラッド層と、コアが折れ曲がる屈曲箇所の外側に屈曲箇所の外側端面が露出するように上部クラッド層に形成された凹部とを備え、そのコアは、下部クラッド層および上部クラッド層より屈折率が高く、かつ、所定のエッチング条件において下部クラッド層および上部クラッド層よりエッチングされにくい材料から構成されているようにした。このように構成したので、屈曲箇所の外側端面ではコアを伝搬してきた信号光が反射され、その伝搬方向をコアの屈曲方向に変更する。

【0009】また、この発明の光導波路の製造方法は、基板上に下部クラッド層を形成する工程と、その下部クラッド層上にこの下部クラッド層より高い屈折率の材料からなり光信号が伝搬されるコアを形成する工程と、下部クラッド層上にそのコアを覆うようにコアより屈折率の低い材料からなる上部クラッド層を形成する工程と、上部クラッド層を選択的に除去することで、コアが折れ曲がる屈曲箇所の外側に屈曲箇所の外側端面が露出するように上部クラッド層に凹部を形成する工程とを備えるようにした。このようにしたので、凹部が形成されるとコアの屈曲箇所の外側端面は、コアより屈折率の低い空気に触れた状態となるので、そこがコアを伝搬する信号光の反射面となる。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下この発明の実施の形態を図を参照して説明する。この実施の形態では、図1に示すように、基板101上に、下部クラッド層102および上部クラッド層104に挟まれて、それらより屈折率の高いコア103を配置するようにし、そして、上部クラッ

ド層104から下部クラッド層102の一部に達する凹部110を備え、そのコア103の屈曲箇所においては、その外側端面である屈曲端面103aが露出された状態とするようにした。そのコア103からなる光導波路を光信号が伝搬する。そして、そのコア103を構成する材料に、所定のエッチング条件において下部クラッド層102および上部クラッド層104よりエッチングされ難い材料を用いるようにした。なお、図1(a)は平面図であり、図1(b)は図1(a)のAA'断面、図1(c)は図1(a)のBB'断面である。

【0011】次に、この実施の形態における製造方法に関して説明する。まず、図2(a)に示すように、半導体レーザなどが形成された半導体チップを構成しているGaAsからなる基板101上に、厚さ4 $\mu$ m程度にフッ化ポリイミドを塗布し、これを窒素雰囲気中で1時間程度の間330～450℃程度に加熱してイミド化し、下部クラッド層102を形成する。ここで、フッ化ポリイミドの塗布の前に、基板101上に密着性を高める材料を薄く塗布し、下部クラッド層102と基板101との密着性を高めるようにしたほうがよい。なお、フッ化ポリイミドとしては、NTT-AT社製の「FLUPI」を用いればよい。

【0012】次に、下部クラッド層102上に感光性（ネガ）を有するベンゾシクロブテン（BCB）からなるコア材料膜203を塗布形成する。なお、感光性を有するBCBとしては、ダウ・ケミカル社製の「CYCLTENE7200」を用いればよい。次に、公知のフォトリソグラフィ技術によりそのコア材料膜203をパターンニングし、図2(b)に示すように、下部クラッド層102上に、屈曲端面103aを備えて所定の導波路形状を有する高さ2～4 $\mu$ m程度のコア103を形成した。そのフォトリソグラフィでは、まず、コア材料膜203に所望とする導波路形状の光像を照射して潜像を形成する。この潜像が形成された領域では、光感光することで現像液に不溶となる。その後、コア材料膜203を現像して潜像以外を除去し、加えて、現像により得られたパターンを、例えば、200～340℃で30分～1時間程度加熱することなどで硬化させてコア103を得る。

【0013】次に、図2(c)に示すように、コア103を含む下部クラッド層102上に厚さ4 $\mu$ m程度にフッ化ポリイミドを塗布し、これをイミド化させて上部クラッド層104を形成する。このイミド化では、コア103を構成する材料が劣化しない温度および処理時間の範囲とする。例えば、下層に用いられている材料のガラス転移温度より低くする。次に、図2(d)に示すように、コア103の屈曲端面103a上部を含む所定の領域に開口部を有するレジストパターン210を、上部クラッド層104上に形成する。このレジストパターン210の形成は、シリコンを含有したフォトレジストを用

いた公知のフォトリソグラフィ技術を用いればよい。また、そのフォトリソパターン 210 の開口部の形状は、図 1 (a) に示した凹部 110 の開口形状と同様とすればよい。

【0014】次に、そのレジストパターン 210 をマスクとし、上部クラッド層 104 および下部クラッド層 102 をエッチングする。このエッチングでは、酸素ガスを用いたドライエッチングにより行う。より詳細に説明すると、酸素ガスのプラズマを用いた反応性イオンエッチング (RIE) 法を用いる。このとき、エッチングが下部クラッド層 102 の上面に近くなると、サイドエッチングがされていくためにコア 103 の屈曲端面 103a が露出していく。しかし、BCB からなるコア 103 は酸素ガスを用いたドライエッチングではほとんどエッチングされないため、コア 103 およびその端面 103a はほとんどエッチングされずに残った状態のままエッチングが進行する。そして、この後、下部クラッド層 102 の一部にまで達するようにエッチングすることで、図 3 (e) に示すように、凹部 110 を形成し、凹部 110 内に屈曲端面 103a が露出した状態とする。

【0015】なお、凹部 110 が形成された後も、レジストパターン 210 は残る程度の膜厚とする。上述のプロセスでは、酸素ガスを用いたドライエッチングなので、図 2 (d) に示したレジストパターン 210 も同時にある程度エッチングされる。しかし、その酸素ガスのドライエッチングでは、シリコンを含有したフォトリソパターンを用いれば、上部クラッド層 104 および下部クラッド層 102 に対して選択比をとれる。したがって、形成する凹部 110 の段差程度以上の膜厚に、レジストパターン 210 を形成しておけばよい。そして、凹部 110 が形成された後、残ったレジストパターン 210 は、アセトンなどの有機溶剤により溶解することで除去すればよい。上部クラッド層 104 および下部クラッド層 102 そしてコア 103 は、アセトンには溶解しないので、アセトンなどの有機溶媒を用いれば、レジストパターン 210 を選択的に除去することができる。

【0016】なお、このエッチング処理では、下部クラッド層 102 表面が露出した状態までとしてもよい。しかし、漏れ光の低減などを考慮すれば、下部クラッド層 102 のエッチング深さをコア 103 に導波させる光の波長程度とした方がよい。以上示したことにより、上部クラッド層 104 から下部クラッド層 102 の一部に達する凹部 110 が形成され、そのコア 103 の屈曲箇所においては屈曲端面 103a が露出された状態に形成される。

【0017】このように、屈曲端面 103a が空気に露出した状態となっているので、この実施の形態によれば、コア 103 からなる導波路を伝搬する信号光を、屈曲端面 103a で反射させてその伝搬方向をコアの屈曲方向に変更させることができる。そして、コア 103 を

構成する材料に、所定のエッチング条件において下部クラッド層 102 および上部クラッド層 104 よりエッチングされ難い材料を用いるようにした。したがって、凹部側面の加工形状が垂直となるようにする必要があまりないので、それらの構造を容易に製造できる。また、光導波路全域にわたって金属膜などを備えるようにする必要がないので、その金属膜の加工精度や加工荒さに由来する光の伝搬モードの変化が発生することなく、そのための光信号の損失が発生しない。そして、その金属膜の加工をする必要がないので、複雑な形状を有する構造を容易に実現することができる。

【0018】ところで、上述では、コア材料膜 203 をフォトリソグラフィ技術で加工することでコア 103 を形成するようにしたが、これに限るものではない。コア材料膜として感光性のない材料を用い、そのコア材料膜を公知のフォトリソグラフィ技術とエッチング技術を用いて加工するようにしてもよい。すなわち、図 4 (a) に示すように、基板 101 上に厚さ  $4\mu\text{m}$  程度にフッ化ポリイミドを塗布し、これを窒素雰囲気中で 1 時間程度の間  $330\sim 450^\circ\text{C}$  程度に加熱してイミド化し、下部クラッド層 102 を形成する。次に、下部クラッド層 102 上にベンゾシクロブテン (BCB) からなるコア材料膜 403 を塗布形成する。なお、この BCB としては、感光性のないダウ・ケミカル社製の「CYCLITE NE3022」を用いればよい。

【0019】そして、そのコア材料膜 403 上に、公知のフォトリソグラフィ技術によりレジストパターン 410 を形成する。このレジストパターン 410 は、所望とする導波路形状とすればよい。そして、そのレジストパターン 410 をマスクとしてコア材料膜 403 を選択的にエッチングする。このエッチングは、例えば、 $\text{CF}_4$  や  $\text{SF}_6$  などのフッ化物ガスと酸素ガスとの混合ガスを用いた RIE により行えばよい。なお、このエッチングの場合、レジストパターン 410 はあまりエッチングされないので、コア材料膜 403 のエッチングの後に、その残渣を別途除去する必要がある。

【0020】以上のことにより、図 4 (b) に示すように、下部クラッド層 102 上に、屈曲端面 103a を備えて所定の導波路形状を有する高さ  $2\sim 4\mu\text{m}$  程度のコア 103 が形成できる。そして、この後、図 2 (b) 以降と同様にすれば、図 1 に示した構造と同様に、上部クラッド層 104 から下部クラッド層 102 の一部に達する凹部が形成され、下部クラッド層 102 上に形成されたコア 103 の屈曲箇所においては屈曲端面 103a が露出された状態に形成される。そして、屈曲端面 103a が空気に露出した状態となっているので、この場合においても、コア 103 からなる導波路を伝搬する信号光を、屈曲端面 103a で反射させてその伝搬方向を変更させることができる。

【0021】以上に説明したように、感光性を持たない

コア材料を用いても、この発明による光導波路を容易に形成することができる。この場合、感光性を持たないコア材料を用いることができるので、クラッド層に酸化シリコンを用い、コア材料に窒化シリコンを用いて構成することも可能である。この酸化シリコンと窒化シリコンの組み合わせの場合、図3(d)に示した凹部110の形成を、例えば、フッ酸などを用いたウェットエッチングにより行えばよい。

【0022】酸化シリコンはフッ酸により容易にエッチングされるが、窒化シリコンはフッ酸ではあまりエッチングされない。したがって、酸化シリコンからなる上部クラッド層および下部クラッド層をエッチングして凹部を形成しても、その凹部が形成される時間程度では、窒化シリコンからなるコアおよびその屈曲端面は殆どエッチングされない。この結果、そのエッチングによって、凹部内に光導波路を構成するコアの屈曲端面が露出した構造が形成できる。すなわち、これらのことによっても、やはり凹部側面の加工形状が垂直となるようにする必要がほとんどなく、それらの構造を容易に製造できる。

【0023】また、この感光性を持たない材料からなるコアの形成では、エッチング技術を用いることになるが、ここでは深さ方向が2 $\mu$ m程度の加工量なので、エッチング異方性を有するリアクティブイオンエッチング法を用いれば、その加工端面は十分に垂直な形状を得ることができる。なお、それら凹部の形成では、コアの屈曲端面だけでなく、屈曲部におけるコアの上面などの一部が凹部内に露出してしまいが、その長さは、コア103に導波させる光の波長未満とした方がよい。

【0024】ところで、上述では、屈曲箇所が1つの光導波路を例にとり説明したが、これに限るものではなく、光導波路(コア)に複数の屈曲箇所を形成するようにしても同様である。また、その屈曲方向も、図1

(a)に示した方向に限るものではない。また、上述では、光導波路が単層の場合を例にとり説明したが、これに限るものではなく、例えば、上部クラッド層上に新たに光導波路を形成していくようにしてもよい。この場合、クラッド層とコアとの多層構造を形成した後で、最上層のクラッド層上より各層のコアの屈曲端面が露出する凹部を形成するようにしてもよい。

#### 【0025】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、基板上に形成された下部クラッド層と、この下部クラッド層上に形成された光信号が伝搬されるコアと、下部クラッド層上にそのコアを覆うように形成された上部

クラッド層と、コアが折れ曲がる屈曲箇所の外側に屈曲箇所の外側端面が露出するように上部クラッド層に形成された凹部とを備え、そのコアは、下部クラッド層および上部クラッド層より屈折率が高く、かつ、所定のエッチング条件において下部クラッド層および上部クラッド層よりエッチングされにくい材料から構成されているようにした。このように構成したので、屈曲箇所の外側端面ではコアを伝搬してきた信号光が反射され、その伝搬方向をコアの屈曲方向に変更する。この結果、この発明によれば、より簡単な構成で伝搬損失が低減された光導波路が構成されるようになり、例えば、上部クラッド層を選択的にエッチングすることで凹部を形成すれば、コアの外側端面が露出することになるので、そこをコアを伝搬する信号光の反射面とする構成が、容易に形成できるようになる。

【0026】また、この発明では、基板上に下部クラッド層を形成する工程と、その下部クラッド層上にこの下部クラッド層より高い屈折率の材料からなり光信号が伝搬されるコアを形成する工程と、下部クラッド層上にそのコアを覆うようにコアより屈折率の低い材料からなる上部クラッド層を形成する工程と、上部クラッド層を選択的に除去することで、コアが折れ曲がる屈曲箇所の外側に屈曲箇所の外側端面が露出するように上部クラッド層に凹部を形成する工程とを備えるようにした。このようにしたので、凹部が形成されるとコアの屈曲箇所の外側端面は、コアより屈折率の低い空気に触れた状態となるので、そこがコアを伝搬する信号光の反射面となる。この結果、この発明によれば、伝搬損失が低減された光導波路構成を容易に構成できるようになる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態における光導波路の構造を示す構成図である。

【図2】 この発明の実施の形態における光導波路の製造方法を説明するための説明図である。

【図3】 図2に続く、この発明の実施の形態における光導波路の製造方法を説明するための説明図である。

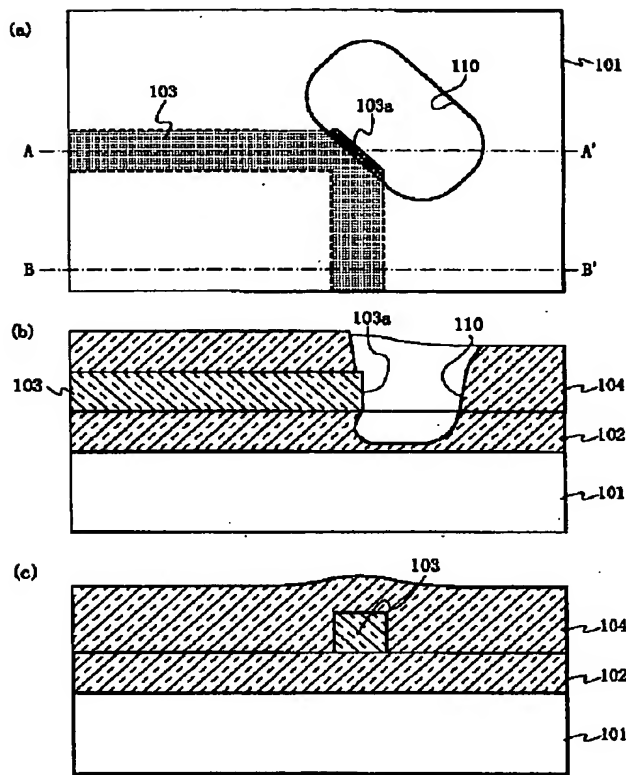
【図4】 この発明の光導波路の製造方法の他の形態を説明するための説明図である。

【図5】 従来よりある光導波路の構成を示す構成図である。

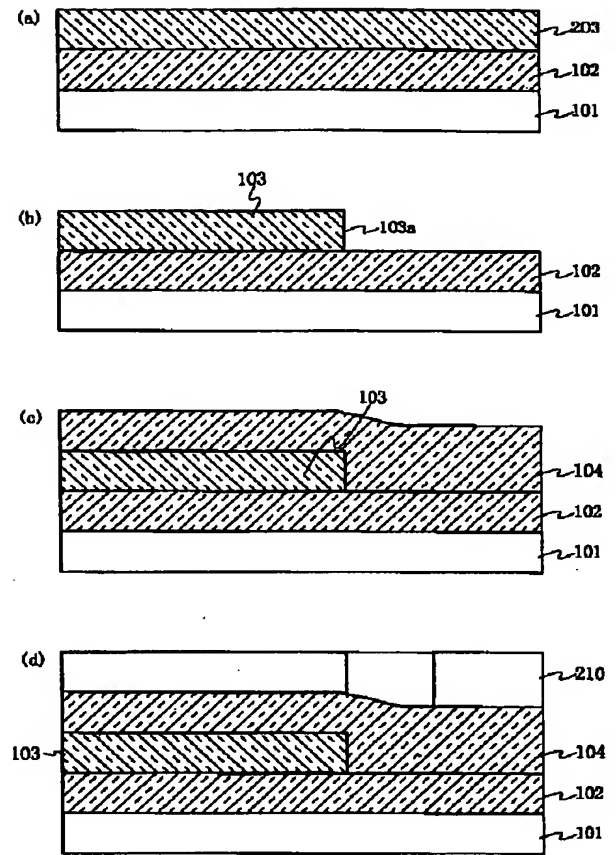
#### 【符号の説明】

101…基板、102…下部クラッド層、103…コア、104…上部クラッド層、103a…屈曲端面、110…凹部。

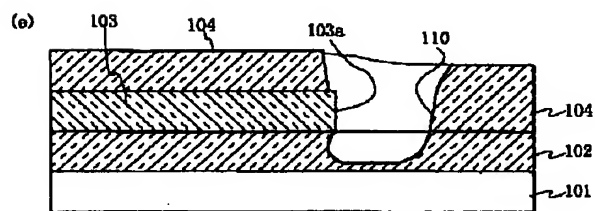
【図 1】



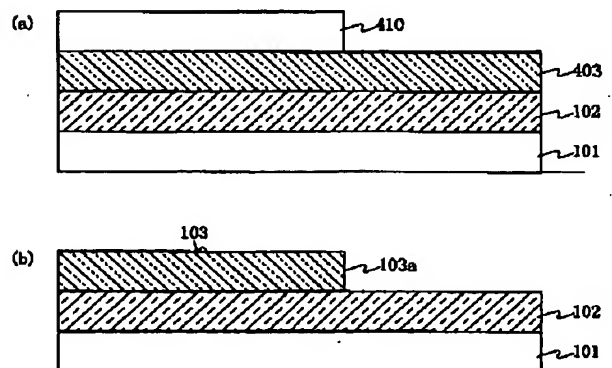
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

